RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC
TR 62235

Première édition
First edition
2005-03

Installations nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté – Systèmes des stockages intermédiaires et des dépôts définitifs de combustible et de déchets nucléaires

Nuclear facilities – Instrumentation and control systems important to safety – Systems of interim storage and final repository of nuclear fuel and waste

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE W

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS....4
INTRODUCTION....8
1 Domaine d'application....12
2 Termes et définitions....12
3 Etude générale des pratiques courantes....14
4 Description des différentes applications....14
4.1 Entreposage dans les centrales nucléaires....14
4.1.1 Entreposage à sec du combustible nucléaire usé....14
4.1.2 Entreposage des déchets d'exploitation et de démantèlement radioactifs....22
4.2 Entreposage dans les installations de stockage intermédiaire....30
4.2.1 Entreposage sous eau du combustible nucléaire usé (exemples de la Suède)....30
4.3 Entreposage dans les installations de retraitement....46
4.3.1 Entreposage sous eau du combustible nucléaire usé....46
4.4 Entrepôts définitifs de déchets radioactifs d'exploitation et de démantèlement....56
4.4.1 Exemple de la Suède: Description de l'installation....56
4.5 Conditionnement....58
4.6 Entrepôts accessibles de combustible nucléaire usé....58
4.6.1 Entrepôt profond dans le granit....58
4.6.2 Entrepôt sous une montagne volcanique....62
4.6.3 Entrepôt dans l'argile....64
4.7 Transport....66
4.7.1 Transport terrestre du combustible nucléaire usé....66
4.7.2 Transport maritime du combustible nucléaire usé et des déchets d'exploitation radioactifs (exemples de la Suède)....68
5 Conclusions....70

Bibliographie....74

Figure 1 – Château de stockage classique....14
Figure 2 – Exemple de couvercle interne de château boulonné....16
Figure 3 – Chambre horizontale classique d'entreposage de conteneurs de stockage à sec....20
Figure 4 – CLAB, installation de stockage intermédiaire pour combustible nucléaire usé en Suède (stockage sous eau)....32
Figure 5 – Modèle d'entrepôt définitif pour déchets d'exploitation radioactifs (SFR)....58
Figure 6 – Système suédois d'entrepôt profond....60
Figure 7 – Le système d'entreposage est constitué des sous système combustible, conteneur, tunnel de stockage/matériaux de remplissage et géosphère....62
Figure 8 – Entrepôt provisoire, transport et dépôt définitif de combustible nucléaire usé et de déchets de haut niveau radioactif (exemple de Yucca Mountain)....64
Figure 9 – Laboratoire souterrain français d'étude du stockage dans l'argile des déchets de haut niveau radioactif à vie longue (HLW-LL)....66
Figure 10 – Conteneur traditionnel de transport du combustible usé....68
Figure 11 – Système suédois de transport du combustible nucléaire usé et des déchets d'exploitation radioactifs....70

CONTENTS

FOREWORD....5
INTRODUCTION....9
1 Scope....13
2 Terms and definitions....13
3 General survey of existing practices....15
4 Description of the different applications....15
4.1 Storage at nuclear power plants....15
4.1.1 Dry storage of spent nuclear fuel....15
4.1.2 Storage of radioactive operational and decommissioning waste....23
4.2 Storage at interim storage facilities....31
4.2.1 Wet storage of spent nuclear fuel (examples from Sweden)....31
4.3 Storage at reprocessing facilities....47
4.3.1 Wet storage of spent nuclear fuel....47
4.4 Final repositories for radioactive operational and decommissioning waste....57
4.4.1 Example of Sweden: Description of the facility....57
4.5 Packaging....59
4.6 Retrievable repositories for spent nuclear fuel....59
4.6.1 Deep repositories in granite....59
4.6.2 Repository in a volcanic mountain....63
4.6.3 Repository in clay....65
4.7 Transportation....67
4.7.1 Land carriage of spent nuclear fuel....67
4.7.2 Sea carriage of spent nuclear fuel and radioactive operational waste (for example, from Sweden)....69
5 Conclusions....71

Bibliography....75

Figure 1 – Typical storage cask....15
Figure 2 – Example of bolted-lid internal cask....17
Figure 3 – Typical horizontal vault for dry storage containers....21
Figure 4 – CLAB: the interim storage facility for spent nuclear fuel in Sweden (wet storage)....33
Figure 5 – Layout for the final repository for radioactive operational waste (SFR)....59
Figure 6 – Swedish system for a deep repository....61
Figure 7 – The repository system consists of the subsystems fuel, canister, buffer/backfill and geosphere....63
Figure 8 – Spent nuclear fuel and high-level radioactive waste temporary storage, transportation, and disposal (for example, Yucca Mountain)....65
Figure 9 – French underground laboratory for studies in clay storage of long-lived high level waste (HLW-LL)....67
Figure 10 – Typical spent fuel transport container....69
Figure 11 – Swedish transport system for spent nuclear fuel and radioactive operational waste....71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION ET DE CONTRÔLE COMMANDE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – SYSTÈMES DES STOCKAGES INTERMÉDIAIRES ET DES DÉPÔTS DÉFINITIFS DE COMBUSTIBLE ET DE DÉCHETS NUCLÉAIRES

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 62235, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation et contrôle-commande des installations nucléaires, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR FACILITIES – INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – SYSTEMS OF INTERIM STORAGE AND FINAL REPOSITORY OF NUCLEAR FUEL AND WASTE

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example, "state of the art".

IEC 62235, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation and control of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
45A/538/DTR	45A/552/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
45A/538/DTR	45A/552/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

0.1 Contexte technique, questions importantes et structure du document

Le marché concernant les installations nucléaires autres que les centrales de puissance est aujourd'hui en pleine expansion. Considérant l'état de l'art actuel relatif aux usines de retraitement, de stockage intermédiaire ou d'enrobage et aux dépôts définitifs des déchets d'exploitation ou du combustible nucléaire usé, on constate que celui-ci repose sur les normes utilisées et développées pour les centrales nucléaires de puissance. Ce rapport technique constitue une revue des autres types d'installations nucléaires.

0.2 Position du présent document dans la collection de normes du SC 45A

Ce rapport technique étant le premier document traitant du nouveau domaine des installations de retraitement, de stockage intermédiaire ou d'enrobage et de dépôts définitifs, il n'est formellement lié à aucun autre document du SC 45A. Comme rapport technique, il est situé au quatrième niveau de la structure documentaire du SC 45A.

Pour plus de détails sur cette structure documentaire, voir ci-dessous l'Article 0.4 de cette introduction.

0.3 Recommandations et limites relatives à l'application de ce rapport technique

Aucune recommandation particulière concernant l'application de ce rapport technique n'est formulée.

0.4 Description de la structure de la collection des normes du SC 45A et relations avec les autres documents de la CEI, de l'AIEA et de l'ISO

Le document de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A est la CEI 61513. Cette norme traite des exigences relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires. La CEI 61513 structure la collection de normes du SC 45A.

La CEI 61513 fait directement référence aux autres normes du SC 45A traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, les défaillances de cause commune, les aspects logiciels et les aspects matériels relatifs aux systèmes informatisés, et la conception des salles de commande. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec la norme CEI 61513, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A qui ne sont pas référencées directement par la CEI 61513 sont relatives à des matériels particuliers, à des méthodes ou à des activités spécifiques. Généralement, ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

Un quatrième niveau qui est une extension de la collection de normes du SC 45A correspond aux rapports techniques, qui ne sont pas normatifs.

INTRODUCTION

0.1 Technical background, main issues and organization of the document

There is a growing market for nuclear facilities other than nuclear power plants (NPPs) in the world today. Up till now, these plants for reprocessing, interim storage or encapsulation and final repositories for operational waste or spent nuclear fuel because of their state of the art rely on standards used and developed for NPPs. This technical report is a review of these other types of nuclear facilities.

0.2 Situation of the current document in the structure of the SC 45A standard series

This technical report being the first document tackling the new domain of the plants for reprocessing, interim storage or encapsulation and final repositories, it is formally related to no other SC 45A document. As a technical report, it is situated at the fourth level of the SC 45A standard series structure.

For more details on the structure of the SC 45A standard series see Clause 0.4 of this introduction.

0.3 Recommendations and limitations regarding the application of this technical report

No particular recommendation could be formulated for the application of this technical report.

0.4 Description of the structure of the SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and documents from IAEA, ISO

The top-level document of the SC 45A standard series is IEC 61513. It provides general requirements for instrumentation and control (I&C) systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 61513 structures the SC 45A standard series.

IEC 61513 refers directly to other SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation of systems, defence against common cause failure, software aspects of computer-based systems, hardware aspects of computer-based systems, and control-room design. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 as a consistent document set.

At a third level, SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 are standards related to specific equipment, technical methods or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the SC 45A standard series corresponds to the technical reports, which are not normative.

La CEI 61513 a adopté une présentation similaire à celle de la CEI 61508, avec un cycle de vie et de sûreté global, un cycle de vie et de sûreté des systèmes, et une interprétation des exigences générales de la CEI 61508-1, de la CEI 61508-2 et de la CEI 61508-4 pour le secteur nucléaire. La conformité à la CEI 61513 facilite la compatibilité avec les exigences de la CEI 61508 telles qu'elles ont été interprétées dans l'industrie nucléaire. Dans ce cadre, la CEI 60880 et la CEI 62138 correspondent pour l'application sectorielle au nucléaire à la CEI 61508-3.

La CEI 61513 fait référence aux normes ISO ainsi qu'au document AIEA 50-C-QA pour ce qui concerne l'assurance qualité.

Les normes produites par le SC 45A sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté fondamentaux du code AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires, ainsi qu'avec les guides de sûreté de l'AIEA, en particulier le guide NS-R-1 "Safety of Nuclear Power Plants: Design – Requirements" et le guide NS-G-1.3 "Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants – Safety Guide". La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

IEC 61513 has adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework and provides an interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. Compliance with IEC 61513 will facilitate consistency with the requirements of IEC 61508 as they have been interpreted for the nuclear industry. In this framework, IEC 60880 and IEC 62138 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector.

IEC 61513 refers to ISO as well as to IAEA 50-C-QA for topics related to quality assurance.

The SC 45A standards series consistently implements and details the principles and basic safety aspects provided in the IAEA code on the safety of nuclear power plants and in the IAEA safety guides, in particular the Requirements NS-R-1, “Safety of Nuclear Power Plants: Design” and the Safety Guide NS-G-1.3, “Instrumentation and control systems important to safety in Nuclear Power Plants”. The terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION ET DE CONTRÔLE COMMANDE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – SYSTÈMES DES STOCKAGES INTERMÉDIAIRES ET DES DÉPÔTS DÉFINITIFS DE COMBUSTIBLE ET DE DÉCHETS NUCLÉAIRES

1 Domaine d'application

Ce Rapport technique fournit des lignes directrices dans le domaine des systèmes d'instrumentation et de contrôle commande (I&C) des installations de stockage intermédiaire et des dépôts définitifs de combustible usé et de déchets nucléaires, indépendamment de l'origine des matériaux entreposés. Ce Rapport technique couvre les stockages de tous les types d'installation tels que les usines de fabrication de combustible, les centrales nucléaires de puissance, les usines de retraitement, les stockages intermédiaires, les installations d'enrobage et les dépôts définitifs de déchets d'exploitation et de combustible nucléaire usé. Le document couvre aussi le stockage durant le transport. Toutes ces installations renferment différentes matières nucléaires, telles que le combustible neuf, le combustible usé, les déchets d'exploitation et autres substances et objets radioactifs divers.

NUCLEAR FACILITIES – INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – SYSTEMS OF INTERIM STORAGE AND FINAL REPOSITORY OF NUCLEAR FUEL AND WASTE

1 Scope

This Technical Report gives guidelines for the instrumentation and control (I&C) systems of interim storage and final repository of nuclear fuel and waste, regardless of the origin of the stored material. This Technical Report covers storage at all types of facilities, such as, fuel fabrication plants, nuclear power plants, reprocessing facilities, interim storage facilities, encapsulation facilities and final repositories for operational waste and spent nuclear fuel. The document also covers storage during transportation. All these facilities contain different nuclear materials such as new fuel, spent fuel, operational waste and other miscellaneous radioactive substances and objects.